

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Assistant Commissioner for Patents  
United States Patent and Trademark  
Office  
Box PCT  
Washington, D.C.20231  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 12 May 2000 (12.05.00)	
International application No. PCT/DE99/00697	Applicant's or agent's file reference Ei/FR
International filing date (day/month/year) 13 March 1999 (13.03.99)	Priority date (day/month/year) 07 October 1998 (07.10.98)
Applicant KRATZSCH, Christian et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:  
11 April 2000 (11.04.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:  
\_\_\_\_\_

2. The election ☒ was  
☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer Kiwa Mpay Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	---

Form PCT/IB/331 (July 1992)

DE9900697

BEST AVAILABLE COPY

PCT/DE99/00697

TRANSLATION OF  
INTERNATIONAL SEARCH REPORT

bawstrf#2  
stur35.do6

STUR-35

# PATENT CONVENTION TREATY

## PCT

### INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(Art. 18 and Rules 43 and 44 PCT)

Applicant's or agent's file reference Ei/FR	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notice of Transmittal of International Search Report (Form PCT/ISA/220) and, if applicable, Item 5 below	
International Application No. PCT/DE 99/00697	International filing date ( <i>day/month/year</i> ) 13/03/1999	(Earliest) priority date ( <i>day/month/year</i> ) 07/10/1998
Applicant  FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWAND[...]		
This International Search Report has been prepared by the International Search Authority and is transmitted to the Applicant in accordance with Article 18. A copy is being transmitted to the International Office.  This International Search Report consists of a total of <u>2</u> sheets. <input checked="" type="checkbox"/> It is also accompanied by one copy each of the prior-art documents cited in this report.		
<p>....</p> <p>4. Concerning the <b>title of the invention</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> the wording submitted by the Applicant is approved.</p> <p>....</p> <p>5. Concerning the <b>abstract</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> the wording submitted by the Applicant is approved.</p> <p>....</p> <p>6. The following figure from the <b>drawings</b> is to be published with the abstract: Fig. No. <u>1</u></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> as proposed by the Applicant</p> <p>....</p>		

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International File No.  
PCT/DE 99/00697
**A. CLASSIFICATION OF THE SUBJECT MATTER OF THE INVENTION**

IPC 7 B23K26/02

Based on the International Patent Classification (IPC) or the national classification and the IPC.

**B. AREAS SEARCHED**

Smallest search file (classification system and classification symbols)

IPC 7 B23K

...

...

**C. DOCUMENTS CONSIDERED MATERIAL**

Category <sup>a</sup>	Title of document, indicating relevant parts where appropriate	Relevant Claim No.
P, A	DE 197 41 329 C (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) October 22, 1998 (1998-10-22) Abstract; figures ---	1
A	DE 44 34 409 C (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) April 4, 1996 (1996-04-04) Abstract; figures ---	1
A	DE 196 18 045 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) November 13, 1997 (1997-11-13) Abstract; figures ---	1

☐ Further publications can be found in the continuation of block C
 ☒ See annex for patent family

\*Specific categories of cited publications:

"A" A publication that defines the general state of the art but need not be considered especially significant

"P" A publication that was published before the international filing date, but after the claimed priority date

Completion date of International Search Report

August 23, 1999

Mailing date of International Search Report

August 31, 1999

Name and address of International Search Authority

....

Authorized officer

Schaub, G.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International File No.

PCT/DE 99/00697

Information concerning publications belonging to the same patent family

Patent Document Cited in Search Report	Date of Publication	Member(s) of Patent Family	Date of Publication
DE 19741329 C	October 22, 1998	WO 9915302 A	April 1, 1999
DE 4434409 C	April 4, 1996	WO 9609912 A DE 59502183 D EP 0781187 A JP 10506059 T US 5869805 A	April 4, 1996 June 18, 1998 July 2, 1997 June 16, 1998 Feb. 9, 1999
DE 19618045 A	November 13, 1997	WO 9741995 A	Nov. 13, 1997

## PATENT CONVENTION TREATY

From: INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINING AUTHORITY

<b>To:</b>  EICHLER, Peter      Stamp: Brahmsstr. 29      Received D-42289 Wuppertal      [Month illegible] 9, GERMANY      2000		<b>PCT</b>  <b>NOTICE OF TRANSMITTAL OF INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT</b>  (Rule 71.1 PCT)	
		Date sent (day/month/year) 04/10/2000	
Applicant's or agent's file reference Ei/FR		<b>IMPORTANT NOTICE</b>	
International Application No. PCT/DE99/00697	International filing date (day/month/year) 13/03/1999	Priority date (day/month/year) 07/10/1998	
Applicant  FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWAND[...]			

....

# PATENT CONVENTION TREATY

## PCT

### INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(Art. 36 and Rule 70 PCT)

Applicant's or agent's file reference  Ei/FR		<b>FOR FURTHER ACTION</b>	See Notice of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)
International Application No. PCT/DE99/00697	International filing date ( <i>day/month/year</i> ) 13/03/1999	Priority date ( <i>day/month/year</i> ) 07/10/1998	
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC B23K26/02			
Applicant  FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWAND[...]			
<p>1. This International Preliminary Examination Report has been prepared by the International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the Applicant in accordance with Art. 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of 4 sheets including this cover sheet.</p> <p>[ ] This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets containing descriptions, claims and/or drawings that have been amended and on which this report is based, and/or sheets containing rectifications made before this authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Regulations to the PCT).</p> <p>These annexes include a total of sheets.</p>			
<p>3. This report includes information concerning the following items:</p> <p>I [X] Basis of the report</p> <p>...</p> <p>V [X] Reasoned statement pursuant to Art. 35(2) with regard to novelty, inventive step and industrial applicability; documents and explanations supporting such statement</p> <p>...</p>			
Filing date of the demand  April 11, 2000		Completion date of this report  October 4, 2000	
Name and address of International Preliminary Examining Authority  ....		Authorized officer  Caubet, J-S  Tel. No. +49 89 2399 2344	

# INTERNATIONAL PRELIMINARY

## EXAMINATION REPORT

International File No. PCT/DE99/00697

### I. Basis of Report

1. This report has been prepared on the basis of (*substitute sheets submitted to the Receiving Office in response to an invitation under Article 14 are considered for the purposes of this report to have been "originally filed" and are not annexed to the report since they contain no amendments.*):

#### Description, pages:

1-14 as originally filed

#### Claims, No.:

1-10 as originally filed

#### Drawings, sheets:

1/5-5/5 as originally filed

....

### V. Reasoned statement under Art. 35(2) with regard to novelty, inventive step and industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

#### 1. Statement

Novelty (N)	Yes:	Claims	1-10
	No:	Claims	
Inventive step (IS)	Yes:	Claims	1-10
	No:	Claims	
Industrial applicability (IA)	Yes:	Claims	1-10
	No:	Claims	



INTERNATIONAL PRELIMINARY  
EXAMINATION REPORT

International File No. PCT/DE99/00697

---

2. Documents and explanations

**See supplementary sheet**

Document DE-A-197 41 329 (the number is corrected here), which is cited as relevant prior art on page 1 of the description, exhibits the features of the first part of independent Claim 1.

The object on which the invention is based is an improvement of such a method, especially with regard to control, when the depth of the plasma capillary is comparable to its width.

This object is accomplished by means of the combination of features of independent Claim 1, especially by detecting the shapes of two peak-intensity regions of the plasma radiation.

The cited documents do not disclose this essential feature in connection with a known method. There is no apparent reason for one skilled in the art to foresee this feature and combine all of the features of independent Claim 1 with one another.

The dependent Claims 2-10 concern particular embodiments of the method of Claim 1 and also fulfill the requirements of the EPC.

PCT/DE99/00697

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

bawstrf#2  
stur35.do3

STUR-35

09/1807001  
Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference Ei/FR	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/DE99/00697	International filing date (day/month/year) 13 March 1999 (13.03.99)	Priority date (day/month/year) 07 October 1998 (07.10.98)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC B23K 26/02		
Applicant FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>4</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of _____ sheets.</p>	
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>	

Date of submission of the demand 11 April 2000 (11.04.00)	Date of completion of this report 04 October 2000 (04.10.2000)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE99/00697

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-14, as originally filed,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the claims, Nos. 1-10, as originally filed,  
 Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
 Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
 Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1/5-5/5, as originally filed,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE 99/00697

**V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement****1. Statement**

Novelty (N)	Claims	1-10	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-10	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-10	YES
	Claims		NO

**2. Citations and explanations**

Document DE-A-197 41 329 (whose number has been corrected here), which is cited on page 1 of the description as relevant prior art, shows the features of the first part of independent Claim 1.

The invention addresses the problem of improving a method of this type, in particular as regards its control, when the depth of the plasma capillaries becomes comparable to their width.

This problem is solved by the combination of features of independent Claim 1, in particular by the determination of the shapes of two maximum intensity ranges of the plasma radiation.

The reference documents do not disclose this essential feature in any known method. A person skilled in the art has no reason to provide this feature and to combine all the features of independent Claim 1.

Dependent Claims 2-10 concern particular embodiments of the method as per Claim 1 and therefore also meet the EPC requirements.

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT  
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

# PCT

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>Ei/FR</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b>	siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5
Internationales Aktenzeichen  <b>PCT/DE 99/ 00697</b>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>13/03/1999</b>	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)  <b>07/10/1998</b>
Anmelder  <b>FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWAND</b>		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 2 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

**1. Grundlage des Berichts**

a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in Schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ **Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen** (siehe Feld I).

3. ☐ **Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung** (siehe Feld II).

**4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

**5. Hinsichtlich der Zusammenfassung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 1

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ keine der Abb.

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 B23K26/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, A	DE 197 41 329 C (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 22. Oktober 1998 (1998-10-22) Zusammenfassung; Abbildungen ---	1
A	DE 44 34 409 C (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 4. April 1996 (1996-04-04) Zusammenfassung; Abbildungen ---	1
A	DE 196 18 045 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 13. November 1997 (1997-11-13) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. August 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

31/08/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schaub, G



# INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/00697

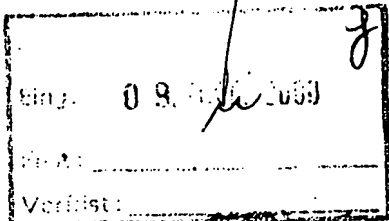
Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
✓ DE 19741329 C	22-10-1998	WO 9915302 A	01-04-1999
✓ DE 4434409 C	04-04-1996	WO 9609912 A	04-04-1996
		DE 59502183 D	18-06-1998
		EP 0781187 A	02-07-1997
		JP 10506059 T	16-06-1998
		US 5869805 A	09-02-1999
✓ DE 19618045 A	13-11-1997	WO 9741995 A	13-11-1997

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

Absender: MIT DER INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN  
PRÜFUNG BEAUFTRAGTE BEHÖRDE

An:

EICHLER, Peter  
Brahmsstrasse 29  
D-42289 Wuppertal  
ALLEMAGNE



## PCT

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERSENDUNG  
DES INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN  
PRÜFUNGSBERICHTS  
(Regel 71.1 PCT)

Absendedatum  
(Tag/Monat/Jahr) 04.10.2000

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts  
Ei/FR

### WICHTIGE MITTEILUNG

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE99/00697

Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)  
13/03/1999

Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)  
07/10/1998

Anmelder

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWAND

1. Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß ihm die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde hiermit den zu der internationalen Anmeldung erstellten internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen, übermittelt.
2. Eine Kopie des Berichts wird - gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen - dem Internationalen Büro zur Weiterleitung an alle ausgewählten Ämter übermittelt.
3. Auf Wunsch eines ausgewählten Amtes wird das Internationale Büro eine Übersetzung des Berichts (jedoch nicht der Anlagen) ins Englische anfertigen und diesem Amt übermitteln.

#### 4. ERINNERUNG

Zum Eintritt in die nationale Phase hat der Anmelder vor jedem ausgewählten Amt innerhalb von 30 Monaten ab dem Prioritätsdatum (oder in manchen Ämtern noch später) bestimmte Handlungen (Einreichung von Übersetzungen und Entrichtung nationaler Gebühren) vorzunehmen (Artikel 39 (1)) (siehe auch die durch das Internationale Büro im Formblatt PCT/IB/301 übermittelte Information).

Ist einem ausgewählten Amt eine Übersetzung der internationalen Anmeldung zu übermitteln, so muß diese Übersetzung auch Übersetzungen aller Anlagen zum internationalen vorläufigen Prüfungsbericht enthalten. Es ist Aufgabe des Anmelders, solche Übersetzungen anzufertigen und den betroffenen ausgewählten Ämtern direkt zuzuleiten.

Weitere Einzelheiten zu den maßgebenden Fristen und Erfordernissen der ausgewählten Ämter sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragten Behörde

 Europäisches Patentamt  
D-80298 München  
Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d  
Fax: +49 89 2399 - 4465

Bevollmächtigter Bediensteter

Dolezel, A

Tel. +49 89 2399-2940





# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>EI/FR</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsbericht (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/DE99/00697</b>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>13/03/1999</b>	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) <b>07/10/1998</b>
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK <b>B23K26/02</b>		
Anmelder <b>FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWAND</b>		
<p>1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationale vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.</p> <p>2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 4 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.</p> <p><input type="checkbox"/> Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit von der Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).</p> <p>Diese Anlagen umfassen insgesamt Blätter.</p>		
<p>3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>I <input checked="" type="checkbox"/> Grundlage des Berichts</li><li>II <input type="checkbox"/> Priorität</li><li>III <input type="checkbox"/> Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit</li><li>IV <input type="checkbox"/> Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung</li><li>V <input checked="" type="checkbox"/> Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung</li><li>VI <input type="checkbox"/> Bestimmte angeführte Unterlagen</li><li>VII <input type="checkbox"/> Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung</li><li>VIII <input type="checkbox"/> Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung</li></ul>		
Datum der Einreichung des Antrags  <b>11/04/2000</b>	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  <b>04.10.2000</b>	
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:   <b>Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465</b>	Bevollmächtigter Bediensteter  <b>Caubet, J-S</b>  Tel. Nr. +49 89 2399 2344  	

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE99/00697

## I. Grundlage des Berichts

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten.*):

### Beschreibung, Seiten:

1-14                      ursprüngliche Fassung

### Patentansprüche, Nr.:

1-10                      ursprüngliche Fassung

### Zeichnungen, Blätter:

1/5-5/5                      ursprüngliche Fassung

2. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung,      Seiten:  
☐ Ansprüche,      Nr.:  
☐ Zeichnungen,      Blatt:

3. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)):

4. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

### 1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-10
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-10
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-10
	Nein: Ansprüche	

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER  
PRÜFUNGSBERICHT**

Internationales Aktenzeichen PCT/DE99/00697

---

**2. Unterlagen und Erklärungen**

**siehe Beiblatt**

Das Dokument DE-A-197 41 329 (Die Nummer wird hier korrigiert), das auf Seite 1 der Beschreibung als relevanter Stand der Technik angegeben ist, zeigt die Merkmale des ersten Teils des unabhängigen Patentanspruchs 1.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht in einer Verbesserung eines derartigen Verfahrens, insbesondere im Hinblick auf die Steuerung, wenn die Tiefe der Plasmakapillaren mit deren Breite vergleichbar wird.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmalskombination des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst, insbesondere durch die Erfassung der Formen zweier Intensitätsmaximumbereiche der Plasmastrahlung.

Die entgegengehaltenen Dokumente offenbaren bei einem bekannten Verfahren nicht dieses wesentliche Merkmal. Es ist für einen Fachmann kein Grund ersichtlich, dieses Merkmal vorzusehen und alle Merkmale des unabhängigen Anspruchs 1 miteinander zu kombinieren.

Die abhängigen Patentansprüche 2-10 betreffen besondere Ausführungsarten des Verfahrens nach Anspruch 1 und erfüllen ebenfalls die Erfordernisse des EPÜ.

# PCT

## ANTRAG

Der Unterzeichnete beantragt, daß die vorliegende internationale Anmeldung nach dem Vertrag über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens behandelt wird.

Vom Anmeldeamt auszufüllen

Internationales Aktenzeichen

Internationales Anmeldedatum

Name des Anmeldeamts und "PCT International Application"

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts (falls gewünscht)  
(max. 12 Zeichen) Ei/ER

### Feld Nr. I BEZEICHNUNG DER ERFINDUNG

Verfahren zur Materialbearbeitung mit Plasma induzierender  
Hochenergiestrahlung

### Feld Nr. II ANMELDER

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG  
DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.  
Leonrodstr. 54

DE-80636 München  
Deutschland

☐ Diese Person ist  
gleichzeitig Erfinder

Telefonnr.:

089 / 12 05 02

Telefaxnr.:

089 / 12 05 467

Fernschreibnr.:

Staatsangehörigkeit (Staat):  
DE

Sitz oder Wohnsitz (Staat):  
DE

Diese Person ist Anmelder  
für folgende Staaten:

☐ alle Bestim-  
mungsstaaten

☒ alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
der Vereinigten Staaten von Amerika

☐ nur die Vereinigten  
Staaten von Amerika

☐ die im Zusatzfeld  
angegebenen Staaten

### Feld Nr. III WEITERE ANMELDER UND/ODER (WEITERE) ERFINDER

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)

KRATZSCH, Christian  
Ganghoferstr. 13

DE-Düsseldorf  
Deutschland

Diese Person ist:

☐ nur Anmelder

☒ Anmelder und Erfinder

☐ nur Erfinder (Wird dieses Kästchen  
angekreuzt, so sind die nachstehenden  
Angaben nicht nötig.)

Staatsangehörigkeit (Staat):  
DE

Sitz oder Wohnsitz (Staat):  
DE

Diese Person ist Anmelder  
für folgende Staaten:

☐ alle Bestim-  
mungsstaaten

☐ alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
der Vereinigten Staaten von Amerika

☒ nur die Vereinigten  
Staaten von Amerika

☐ die im Zusatzfeld  
angegebenen Staaten

☐ Weitere Anmelder und/oder (weitere) Erfinder sind auf einem Fortsetzungsblatt angegeben.

### Feld Nr. IV ANWALT ODER GEMEINSAMER VERTRETER; ZUSTELLANSCHRIFT

Die folgende Person wird hiermit bestellt/ist bestellt worden, um für den (die) Anmelder vor den zuständigen internationalen Behörden in folgender Eigenschaft zu handeln als: ☒ Anwalt ☐ gemeinsamer Vertreter

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.)

EICHLER, PETER  
FÜSSEL, Michael  
Brahmsstraße 29  
DE-42289 Wuppertal  
Deutschland

Telefonnr.:

0202 / 62 17 95

Telefaxnr.:

0202 / 62 17 96

Fernschreibnr.:

☐ Dieses Kästchen ist anzukreuzen, wenn kein Anwalt oder gemeinsamer Vertreter bestellt ist und statt dessen im obigen Feld eine spezielle Zustellanschrift angegeben ist.

Fortsetzung von Feld Nr. III WEITERE ANMELDER UND/ODER (WEITERE) ERFINDER			
<i>Wird keines der folgenden Felder benutzt, so ist dieses Blatt dem Antrag nicht beizufügen.</i>			
Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)  <b>SCHULZ, Wolfgang</b> <b>Brückenstr. 22</b>  <b>DE-52379 Langerwehe</b> <b>Deutschland</b>		Diese Person ist: <input type="checkbox"/> nur Anmelder <input checked="" type="checkbox"/> Anmelder und Erfinder <input type="checkbox"/> nur Erfinder (Wird dieses Kästchen angekreuzt, so sind die nachstehenden Angaben nicht nötig.)	
Staatsangehörigkeit (Staat): DE		Sitz oder Wohnsitz (Staat): DE	
Diese Person ist Anmelder für folgende Staaten: <input type="checkbox"/> alle Bestimmungsstaaten <input type="checkbox"/> alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten von Amerika <input checked="" type="checkbox"/> nur die Vereinigten Staaten von Amerika <input type="checkbox"/> die im Zusatzfeld angegebenen Staaten			
Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)  <b>ABELS, Peter</b> <b>Moselstr. 20</b>  <b>DE-52477 Alsdorf</b> <b>Deutschland</b>		Diese Person ist: <input type="checkbox"/> nur Anmelder <input checked="" type="checkbox"/> Anmelder und Erfinder <input type="checkbox"/> nur Erfinder (Wird dieses Kästchen angekreuzt, so sind die nachstehenden Angaben nicht nötig.)	
Staatsangehörigkeit (Staat): DE		Sitz oder Wohnsitz (Staat): DE	
Diese Person ist Anmelder für folgende Staaten: <input type="checkbox"/> alle Bestimmungsstaaten <input type="checkbox"/> alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten von Amerika <input checked="" type="checkbox"/> nur die Vereinigten Staaten von Amerika <input type="checkbox"/> die im Zusatzfeld angegebenen Staaten			
Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)       		Diese Person ist: <input type="checkbox"/> nur Anmelder <input type="checkbox"/> Anmelder und Erfinder <input type="checkbox"/> nur Erfinder (Wird dieses Kästchen angekreuzt, so sind die nachstehenden Angaben nicht nötig.)	
Staatsangehörigkeit (Staat):		Sitz oder Wohnsitz (Staat):	
Diese Person ist Anmelder für folgende Staaten: <input type="checkbox"/> alle Bestimmungsstaaten <input type="checkbox"/> alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten von Amerika <input type="checkbox"/> nur die Vereinigten Staaten von Amerika <input type="checkbox"/> die im Zusatzfeld angegebenen Staaten			
Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)       		Diese Person ist: <input type="checkbox"/> nur Anmelder <input type="checkbox"/> Anmelder und Erfinder <input type="checkbox"/> nur Erfinder (Wird dieses Kästchen angekreuzt, so sind die nachstehenden Angaben nicht nötig.)	
Staatsangehörigkeit (Staat):		Sitz oder Wohnsitz (Staat):	
Diese Person ist Anmelder für folgende Staaten: <input type="checkbox"/> alle Bestimmungsstaaten <input type="checkbox"/> alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten von Amerika <input type="checkbox"/> nur die Vereinigten Staaten von Amerika <input type="checkbox"/> die im Zusatzfeld angegebenen Staaten			
<input type="checkbox"/> Weitere Anmelder und/oder (weitere) Erfinder sind auf einem zusätzlichen Fortsetzungsblatt angegeben.			



**Feld Nr. V BESTIMMUNG VON STAATEN**

Die folgenden Bestimmungen nach Regel 4.9 Absatz a werden hiermit vorgenommen (bitte die entsprechenden Kästchen ankreuzen; wenigstens ein Kästchen muß angekreuzt werden):

**Regionales Patent**

- ☐ **AP ARIPO-Patent:** GH Ghana, KE Kenia, LS Lesotho, MW Malawi, SD Sudan, SZ Swasiland, UG Uganda, ZW Simbabwe und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Harare-Protokolls und des PCT ist
- ☐ **EA Eurasisches Patent:** AM Armenien, AZ Aserbaidshan, BY Belarus, KG Kirgisistan, KZ Kasachstan, MD Republik Moldau, RU Russische Föderation, TJ Tadschikistan, TM Turkmenistan und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Eurasischen Patentübereinkommens und des PCT ist
- ☒ **EP Europäisches Patent:** AT Österreich, BE Belgien, CH und LI Schweiz und Liechtenstein, DE Deutschland, DK Dänemark, ES Spanien, FI Finnland, FR Frankreich, GB Vereinigtes Königreich, GR Griechenland, IE Irland, IT Italien, LU Luxemburg, MC Monaco, NL Niederlande, PT Portugal, SE Schweden und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Europäischen Patentübereinkommens und des PCT ist
- ☐ **OA OAPI-Patent:** BF Burkina Faso, BJ Benin, CF Zentralafrikanische Republik, CG Kongo, CI Côte d'Ivoire, CM Kamerun, GA Gabun, GN Guinea, ML Mali, MR Mauretanien, NE Niger, SN Senegal, TD Tschad, TG Togo und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat der OAPI und des PCT ist (falls eine andere Schutzrechtsart oder ein sonstiges Verfahren gewünscht wird, bitte auf der gepunkteten Linie angeben)

**Nationales Patent** (falls eine andere Schutzrechtsart oder ein sonstiges Verfahren gewünscht wird, bitte auf der gepunkteten Linie angeben):

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> AL Albanien                          | <input type="checkbox"/> LV Lettland   |  |
| <input type="checkbox"/> AM Armenien                          | <input type="checkbox"/> MD Republik Moldau  |  |
| <input type="checkbox"/> AT Österreich                        | <input type="checkbox"/> MG Madagaskar   |  |
| <input type="checkbox"/> AU Australien                        | <input type="checkbox"/> MK Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien  |  |
| <input type="checkbox"/> AZ Aserbaidshan                      | <input type="checkbox"/> MN Mongolei   |  |
| <input type="checkbox"/> BA Bosnien-Herzegowina               | <input type="checkbox"/> MW Malawi   |  |
| <input type="checkbox"/> BB Barbados                          | <input type="checkbox"/> MX Mexiko   |  |
| <input type="checkbox"/> BG Bulgarien                         | <input type="checkbox"/> NO Norwegen   |  |
| <input type="checkbox"/> BR Brasilien                         | <input type="checkbox"/> NZ Neuseeland   |  |
| <input type="checkbox"/> BY Belarus                           | <input type="checkbox"/> PL Polen  |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> CA Kanada                 | <input type="checkbox"/> PT Portugal   |  |
| <input type="checkbox"/> CH und LI Schweiz und Liechtenstein  | <input type="checkbox"/> RO Rumänien   |  |
| <input type="checkbox"/> CN China                             | <input type="checkbox"/> RU Russische Föderation   |  |
| <input type="checkbox"/> CU Kuba                              | <input type="checkbox"/> SD Sudan  |  |
| <input type="checkbox"/> CZ Tschechische Republik             | <input type="checkbox"/> SE Schweden   |  |
| <input type="checkbox"/> DE Deutschland                       | <input type="checkbox"/> SG Singapur   |  |
| <input type="checkbox"/> DK Dänemark                          | <input type="checkbox"/> SI Slowenien  |  |
| <input type="checkbox"/> EE Estland                           | <input type="checkbox"/> SK Slowakei   |  |
| <input type="checkbox"/> ES Spanien                           | <input type="checkbox"/> SL Sierra Leone   |  |
| <input type="checkbox"/> FI Finnland                          | <input type="checkbox"/> TJ Tadschikistan  |  |
| <input type="checkbox"/> GB Vereinigtes Königreich            | <input type="checkbox"/> TM Turkmenistan   |  |
| <input type="checkbox"/> GE Georgien                          | <input type="checkbox"/> TR Türkei   |  |
| <input type="checkbox"/> GH Ghana                             | <input type="checkbox"/> TT Trinidad und Tobago  |  |
| <input type="checkbox"/> HU Ungarn                            | <input type="checkbox"/> UA Ukraine  |  |
| <input type="checkbox"/> IL Israel                            | <input type="checkbox"/> UG Uganda   |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> JP Japan                  | <input checked="" type="checkbox"/> US Vereinigte Staaten von Amerika  |  |
| <input type="checkbox"/> KE Kenia                             |  |  |
| <input type="checkbox"/> KG Kirgisistan                       | <input type="checkbox"/> UZ Usbekistan   |  |
| <input type="checkbox"/> KP Demokratische Volksrepublik Korea | <input type="checkbox"/> VN Vietnam  |  |
|   | <input type="checkbox"/> YU Jugoslawien  |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> KR Republik Korea         | <input type="checkbox"/> ZW Simbabwe   |  |
| <input type="checkbox"/> KZ Kasachstan                        | Kästchen für die Bestimmung von Staaten (für die Zwecke eines nationalen Patents), die dem PCT nach der Veröffentlichung dieses Formblatts beigetreten sind: |  |
| <input type="checkbox"/> LC Saint Lucia                       | <input type="checkbox"/>   |  |
| <input type="checkbox"/> LK Sri Lanka                         | <input type="checkbox"/>   |  |
| <input type="checkbox"/> LR Liberia                           | <input type="checkbox"/>   |  |
| <input type="checkbox"/> LS Lesotho                           | <input type="checkbox"/>   |  |
| <input type="checkbox"/> LT Litauen                           | <input type="checkbox"/>   |  |
| <input type="checkbox"/> LU Luxemburg                         | <input type="checkbox"/>   |  |

Zusätzlich zu den oben genannten Bestimmungen nimmt der Anmelder nach Regel 4.9 Absatz b auch alle anderen nach dem PCT zulässigen Bestimmungen vor mit Ausnahme der Bestimmung von

Der Anmelder erklärt, daß diese zusätzlichen Bestimmungen unter dem Vorbehalt einer Bestätigung stehen und jede zusätzliche Bestimmung, die vor Ablauf von 15 Monaten ab dem Prioritätsdatum nicht bestätigt wurde, nach Ablauf dieser Frist als vom Anmelder zurückgenommen gilt. (Die Bestätigung einer Bestimmung erfolgt durch die Einreichung einer Mitteilung, in der diese Bestimmung angegeben wird, und die Zahlung der Bestimmungs- und der Bestätigungsgebühr. Die Bestätigung muß beim Anmeldeamt innerhalb der Frist von 15 Monaten eingehen.)

<b>Feld Nr. VI PRIORITÄTSANSPRUCH</b>				Weitere Prioritätsansprüche sind im Zusatzfeld angegeben. <input type="checkbox"/>
Die Priorität der folgenden früheren Anmeldung(en) wird hiermit beansprucht:				
Staat (Anmelde- oder Bestimmungsstaat der Anmeldung)	Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)	Aktenzeichen	Anmeldeamt (nur bei regionaler oder internationaler Anmeldung)	
(1) DE	07.10.1998 (07. Oktober 1998)	198 46 191.7		
(2)				
(3)				
<p>Dieses Kästchen ankreuzen, wenn die beglaubigte Kopie der früheren Anmeldung von dem Amt ausgestellt werden soll, das für die Zwecke dieser internationalen Anmeldung Anmeldeamt ist (eine Gebühr kann verlangt werden):</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Das Anmeldeamt wird hiermit ersucht, eine beglaubigte Abschrift der oben in Zeile(n) (1) bezeichneten früheren Anmeldung(en) zu erstellen und dem Internationalen Büro zu übermitteln.</p>				
<b>Feld Nr. VII INTERNATIONALE RECHERCHENBEHÖRDE</b>				
<p><b>Wahl der Internationalen Recherchenbehörde (ISA)</b> (Sind zwei oder mehr Internationale Recherchenbehörden für die internationale Recherche zuständig, ist der Name der Behörde anzugeben, die die internationale Recherche durchführen soll; Zweibuchstaben-Code genügt): ISA /</p> <p><b>Frühere Recherche:</b> Auszufüllen, wenn eine Recherche (internationale Recherche, Recherche internationaler Art oder sonstige Recherche) bereits bei der internationalen Recherchenbehörde beantragt oder von ihr durchgeführt worden ist und diese Behörde nun ersucht wird, die internationale Recherche soweit wie möglich auf die Ergebnisse einer solchen früheren Recherche zu stützen. Die Recherche oder der Recherchenantrag ist durch Angabe der betreffenden Anmeldung (bzw. deren Übersetzung) oder des Recherchenantrags zu bezeichnen.</p> <p>Staat (oder regionales Amt): Datum (Tag/Monat/Jahr): Aktenzeichen:</p>				
<b>Feld Nr. VIII KONTROLLISTE</b>				
<p>Diese internationale Anmeldung umfaßt:</p> <p>1. Antrag : 4 Blätter</p> <p>2. Beschreibung : 14 Blätter</p> <p>3. Ansprüche : 2 Blätter</p> <p>4. Zusammenfassung : 1 Blätter</p> <p>5. Zeichnungen : 5 Blätter</p> <p style="text-align: right;">Insgesamt : 26 Blätter</p>		<p>Dieser internationalen Anmeldung liegen die nachstehend angekreuzten Unterlagen bei:</p> <p>1. <input checked="" type="checkbox"/> Unterzeichnete gesonderte Vollmacht folgt 5. <input checked="" type="checkbox"/> Blatt für die Gebührenberechnung</p> <p>2. <input type="checkbox"/> Kopie der allgemeinen Vollmacht 6. <input type="checkbox"/> Gesonderte Angaben zu hinterlegten Mikroorganismen</p> <p>3. <input type="checkbox"/> Begründung für das Fehlen der Unterschrift 7. <input type="checkbox"/> Sequenzprotokolle für Nucleotide und/oder Aminosäuren (Diskette)</p> <p>4. <input type="checkbox"/> Prioritätsbeleg(e) (durch die Zeilennummer von Feld Nr. VI kennzeichnen): 8. <input type="checkbox"/> Sonstige (einzeln auflisten):</p>		
Abbildung Nr. der Zeichnungen (falls vorhanden) soll mit der Zusammenfassung veröffentlicht werden.				
<b>Feld Nr. IX UNTERSCHRIFT DES ANMELDERS ODER DES ANWALTS</b>				
<p>Der Name jeder unterzeichnenden Person ist neben der Unterschrift zu wiederholen, und es ist anzugeben, sofern sich dies nicht eindeutig aus dem Antrag ergibt, in welcher Eigenschaft die Person unterzeichnet.</p> <p style="text-align: center;">Wuppertal, den 12.03.1999</p> <p style="text-align: center;">(Eichler)</p>				

Vom Anmeldeamt auszufüllen	
<p>1. Datum des tatsächlichen Eingangs dieser internationalen Anmeldung:</p> <p>3. Geändertes Eingangsdatum aufgrund nachträglich, jedoch fristgerecht eingegangener Unterlagen oder Zeichnungen zur Vervollständigung dieser internationalen Anmeldung:</p> <p>4. Datum des fristgerechten Eingangs der angeforderten Richtigstellungen nach Artikel 11(2) PCT:</p>	<p>2. Zeichnungen</p> <p><input type="checkbox"/> eingegangen:</p> <p><input type="checkbox"/> nicht eingegangen:</p>
<p>5. Vom Anmelder benannte Internationale Recherchenbehörde: ISA /</p>	<p>6. <input type="checkbox"/> Übermittlung des Recherchenexemplars bis zur Zahlung der Recherchegebühr aufgeschoben</p>

Vom Internationalen Büro auszufüllen
<p>Datum des Eingangs des Aktenexemplars beim Internationalen Büro:</p>

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> : <b>B23K 26/02</b>	<b>A1</b>	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/20158</b> (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 13. April 2000 (13.04.00)
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/00697</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 13. März 1999 (13.03.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 46 191.7 7. Oktober 1998 (07.10.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, D-80636 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KRATZSCH, Christian [DE/DE]; Ganghoferstrasse 13, D-40474 Düsseldorf (DE). SCHULZ, Wolfgang [DE/DE]; Brückenstrasse 22, D-52379 Langerwehe (DE). ABELS, Peter [DE/DE]; Moselstrasse 20, D-52477 Alsdorf (DE).</p> <p>(74) Anwälte: EICHLER, Peter usw.; Brahmstrasse 29, D-42289 Wuppertal (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: CA, DE, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.</p>	

(54) Title: METHOD FOR SHAPING MATERIALS WITH PLASMA-INDUCING HIGH-ENERGY RADIATION

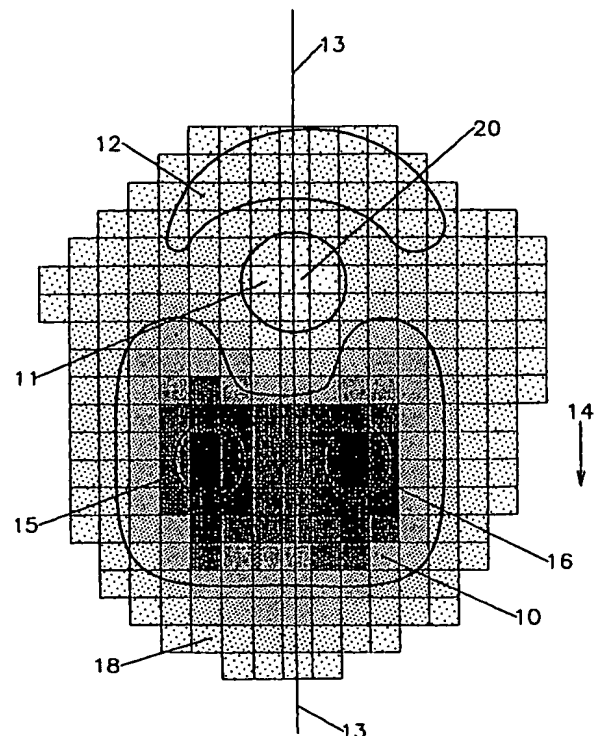
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR MATERIALBEARBEITUNG MIT PLASMA INDUZIERENDER HOCHENERGIES-  
TRABLUNG

## (57) Abstract

The invention relates to a method for shaping materials with plasma-inducing high-energy radiation, especially laser radiation. According to said method, the momentary intensity of the plasma radiation is measured in several places on a steam capillary. In order to be able to carry out the method for lower workpiece thicknesses with good welding results, the shapes of two maximum intensity regions (10, 12) located at a distance from each other, or of another electromagnetic beam emitted from the steam capillary, and the shape of a minimum region (11) that can be formed between these two regions with extreme values are determined using a measuring technique, the so determined shapes of the regions with the extreme values are compared with predetermined region shapes, and the material processing operation is controlled in dependence on the deviations of the determined shapes from the predetermined region shapes.

## (57) Zusammenfassung

Verfahren zur Materialbearbeitung mit Plasma induzierender Hochenergiestrahlung, insbesondere Laserstrahlung, bei dem die momentane Intensität der Plasmastrahlung an mehreren Stellen einer Dampfkapillaren gemessen wird. Um das Verfahren auch für geringe Werkstückdicken mit einwandfreien Schweißergebnissen durchführen zu können, wird so verfahren, dass Formen zweier voneinander distanzierter Intensitätsmaximumbereiche (10, 12), oder einer anderen aus der Dampfkapillaren emittierten elektromagnetischen Strahlung, und eines zwischen diesen beiden Extremwertbereichen ausbildbaren Minimumbereichs (11) messtechnisch erfasst werden, dass messtechnisch erfasste Formen der Extremwertbereiche mit vorbestimmten Bereichsformen verglichen werden, und dass eine Steuerung der Materialbearbeitung in Abhängigkeit von Abweichungen der erfassten Formen von den vorbestimmten Bereichsformen erfolgt.



5

10

15     Verfahren zur Materialbearbeitung mit Plasma induzierender  
          Hochenergiestrahlung

20     Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Materialbearbeitung mit Plasma induzierender Hochenergiestrahlung, insbesondere Laserstrahlung, bei dem die momentane Intensität der Plasmastrahlung an mehreren Stellen einer Dampfkapillaren gemessen wird.

25     Ein Verfahren mit den vorgenannten Merkmalen ist aus der DE 197 41 321 C1 bekannt. Dabei werden momentane Plasmaintensitäten an mindestens zwei Meßstellen parallel zur Achse der induzierenden Strahlung gemessen. Die gemessenen Plasmaintensitäten werden vorbestimmten Kapillargeometriegrößen zugeordnet, also beispielsweise der Tiefe der Dampfkapillaren, und es erfolgt eine Steuerung der Materialbearbeitung in Abhängigkeit von diesen Kapillargeometriegrößen. Damit wird eine direkte Beziehung der beobachteten Plasmaintensität zur Ausbildung der Dampfkapillaren ausgenutzt, um mit einer verbesserten direkten Prozeßbeobachtung Prozeßfehler zu verhindern. Es  
30     ist nun entdeckt worden, daß dieses Verfahren nicht anwendbar ist, wenn die Tiefe der Dampfkapillaren mit deren Breite vergleichbar wird. Der auswertbare Zusammenhang zwischen der Plasmaintensität und der Eindringtiefe ist nicht mehr gegeben.  
35     

40

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren mit den eingangs genannten Merkmalen so zu verbessern, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung auch dann noch durch direkte Prozeßbeobachtung beeinflußt werden kann, wenn die Tiefe der Plasmakapillaren mit deren Breite vergleichbar wird.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß Formen zweier voneinander distanzierter Intensitätsmaximumbereiche der Plasmastrahlung, oder einer anderen aus der Dampfkapillaren emittierten elektromagnetischen Strahlung, und eines zwischen diesen beiden Extremwertbereichen ausbildbaren Minimumbereichs meßtechnisch erfaßt werden, daß meßtechnisch erfaßte Formen der Extremwertbereiche mit vorbestimmten Bereichsformen verglichen werden, und daß eine Steuerung der Materialbearbeitung in Abhängigkeit von Abweichungen der erfaßten Formen von den vorbestimmten Bereichsformen erfolgt.

Für die Erfindung ist von Bedeutung, daß eine ausschließlich flächenmäßige Auswertung der momentanen Plasmaintensitäten des Erfassungsbereichs erfolgt. Statt der Plasmastrahlung kann auch eine andere emittierte elektromagnetische Strahlung ausgewertet werden, zum Beispiel emittierte Wärmestrahlung. Aus dem insgesamt meßtechnisch erfaßten Bereich werden Formen vorbestimmter Bereiche erfaßt und ausgewertet. Die vorbestimmten Bereiche sind in erster Linie Intensitätsmaximumbereiche. Solche Intensitätsmaximumbereiche tauchen seitlich von der Laserstrahlachse auf. Sie sind etwa auf einer zur Laserstrahlachse senkrechten Geraden angeordnet und kennzeichnen einen vorlaufenden Bereich am Rand der Dampfkapillaren sowie einen nachlaufenden Bereich am Rand derselben Dampfkapillaren. Je nach Durchführung des Verfahrens kann sich zwischen den beiden ein meßtechnisch erfaßbarer Minimumbereich ausbilden. Auch dieser Minimumbereich kann hinsichtlich seiner Form mit einer vorbestimmten Bereichsform verglichen werden und je nach Vergleichsergebnis aller Extremwertbereiche kann eine Steuerung der Materialbearbeitung erfolgen. Da das Verfahren ausschließlich unter Auswertung von Flächenformen durchgeführt wird, ist es von einer meßtechnischen Erfassung der Eindringtiefe der Dampfkapillaren unab-

hängig und infolgedessen insbesondere für dünne Werkstücke geeignet. Es kann also eine Materialbearbeitung mit Hochenergiestrahlung unter on-line Qualitätsüberwachung durchgeführt werden. Das ist insbesondere beim Verschweißen von dünnen und ungleich dicken Werkstücken möglich, wie bei sogenannten "tailored blanks". Hierbei erfordern die unterschiedliche Dicke und Beschichtung sowie unterschiedliche Materialeigenschaften besondere Maßnahmen bei der Verfahrensführung. Ein bekanntes, charakteristisches Merkmal beim Schweißen ungleich dicker Werkstücke ist der seitliche Versatz der Fügekanten und der Schweißnahtmitte. Selbst wenn der Laserstrahl ideal entlang einer Fugekante verläuft, bildet sich die Schweißnaht mit seitlichem Versatz zu den vorbereiteten Fügekanten aus. Dieser Versatz muß einen vorbestimmten Wert annehmen. Liegt die Schweißnaht weiter in dem dickeren Werkstück, so erhöht sich das aufgeschmolzene Volumen und der Fügespalt kann gut aufgefüllt werden. Liegt die Schweißnaht zu weit im dicken Werkstück, so wird das dünne Werkstück nicht ausreichend angeschmolzen. Liegt die Schweißnaht weiter im dünneren Werkstück, so verringert sich das insgesamt aufgeschmolzene Volumen und das dickere Werkstück wird nicht über seine gesamte Dicke angeschmolzen. Unerwünschte Einbrandkerben sind die Folge. Die vorbeschriebenen unerwünschten Verfahrensabläufe können mit den vorbeschriebenen Verfahrensschritten gut beherrscht werden, da sich unterschiedlich angeschmolzene Werkstücke in unterschiedlichen Formen der Extremwertbereiche zeigen.

Das Verfahren kann so durchgeführt werden, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung bei einer Abweichung der Form des Minimumbereichs von einer vorbestimmten kreisähnlichen Bereichsform erfolgt. Ein solches Verfahren ist insbesondere für den Fall des Auftretens eines meßtechnisch erfaßbaren Minimumbereichs von Bedeutung. Abweichungen von kreisähnlichen Bereichsformen können Schweißfehler bewirken und werden andererseits dazu verwendet, der Steuerung der Materialbearbeitung zu dienen.

Eine Weiterbildung des Verfahrens zur Vermeidung der vorbeschriebenen Fehlerhaftigkeit kann dahingehend durchge-

führt werden, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung erfolgt, wenn in den Übergangsbereichen der Form des Minimumbereichs zu den Formen der Maximumbereiche scharfe Bereichsgrenzen vorhanden sind. An den scharfen Begrenzungen der Form des Minimumbereichs zu den helleren Maximumbereichen liegt  
5 eine vom Laserstrahl noch nicht angeschmolzene Fügekante vor. Es kann also bei nicht zu großen Werten für den Fügespalt beispielsweise ein Bereich der Extremwertbereiche von der vorbestimmten Bereichsform abweichen. Beispielsweise ist ein  
10 Maximumbereich unterbrochen, also im Bereich einer Fügekante dunkler. Der zweite Maximumbereich kann dann noch heller sein und so zu erkennen geben, daß die Schweißung noch auf voller Breite der Schweißnaht vorliegt. Dann kann mit dem Schweißverfahren der Fügespalt noch überbrückt werden. Die festge-  
15 stellten Abweichungen von den vorbestimmten Werten bewirken jedoch Schweißfehler, Einbrandkerben oder sogar einen Naht-einfall, bei dem zuwenig aufgeschmolzenes Material vorhanden ist.

20 Wird das Verfahren so durchgeführt, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung erfolgt, wenn Abweichungen der Formen eines in Vorschubrichtung eines relativ zur Laserstrahlung bewegten bearbeiteten Werkstücks vorlaufenden Intensitäts-  
maximumbereichs und eines nachlaufenden Maximumbereichs von  
25 vorbestimmten Bereichsformen vorliegen. So kann eine Verbesserung des Schweißergebnisses erreicht werden, wenn die Werte für den Fügespalt zu groß sind, wobei nicht nur der vorlaufende Intensitätsmaximumbereich ausgewertet wird, sondern zugleich auch der nachlaufende Maximumbereich. Durch geeignete  
30 Steuerung der Materialbearbeitung verbessert man also auch dann das Schweißergebnis, wenn beide Maximumbereiche von einem Minimumbereich entlang der Fügekante unterbrochen sind.

Eine hinreichende Schweißgenauigkeit läßt sich auch da-  
35 durch erreichen, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung erfolgt, wenn die Formabweichung eine vorbestimmte Differenzgröße und/oder eine vorbestimmte Dauer überschreitet. Es ist also erforderlich, daß die Abweichungen von vorbestimmter Größe sind und für eine vorbestimmte Zeit erfaßt werden.

Sonst unterbleiben Eingriffe in das Schweißverfahren, um unnötige Belastungen der Steuereinrichtung zu vermeiden.

Eine weitere Möglichkeit zur Ausbildung des Verfahrens kann sich dahingehend ergeben, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung in Abhängigkeit von Winkelstellungen erfolgt, die eine durch die Intensitätsmaximabereiche gelegte Gerade im Bezug auf eine Vorschubrichtung eines relativ zur Laserstrahlung bewegten bearbeiteten Werkstücks einnimmt. Winkelstellungen einer Geraden lassen sich mit geringem meßtechnischen Aufwand erfassen und mit geringem rechnerischen Aufwand für die Materialbearbeitung einsetzen.

Eine weitere Möglichkeit zu verfahren ist es, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung erfolgt, wenn in einem die Formen der Extremwertbereiche meßtechnisch erfassenden Meßbereich sporadisch auftretende, intensiv strahlende Lichtflecke ermittelt werden. Solche Lichtflecke weisen auf Schweißspritzer hin, die das Volumen der Schweißnaht mindern. Die mit solchen Spritzern verbundenen Turbulenzen können zu unregelmäßigen Nahtraupen führen.

Die vorbeschriebenen Verfahren können dahin ausgestaltet werden, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung unterschiedlich dicker Werkstücke erfolgt, wenn der Minimumbereich den in Vorschubrichtung vorlaufenden und/oder den nachlaufenden Maximumbereich verformt. Eine derartige Verformung kann insbesondere auftreten, wenn der Minimumbereich infolge einer guten Durchschweißung prägnant ausgebildet ist. In diesem Fall bedeutet die Verformung des vorlaufenden Maximumbereichs eine unerwünschte Bahnabweichung der Laserstrahlung in das dünnere Werkstück. Eine Verformung des nachlaufenden Maximumbereichs bedeutet hingegen eine unerwünschte Bahnabweichung der Laserstrahlung in das dickere Werkstück. Beide gegebenenfalls ungewünschten Abweichungen können angesteuert werden.

Das Verfahren kann auch so durchgeführt werden, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung erfolgt, wenn innerhalb eines in Vorschubrichtung vorlaufenden Maximumbereichs zwei beidseitig einer Fugebahn vorhandene Submaxima von einer vor-



bestimmten Symmetrie abweichen. Symmetrische Submaxima des vorlaufenden Maximumbereichs treten insbesondere bei Blindschweißungen auf, bei denen also kein Fügespalt zwischen den Fügekanten vorhanden ist und gleichartige Materialien bearbeitet werden. Ein vorhandener Fügespalt führt hingegen zu einer Asymmetrie, die jedoch in bestimmten Fällen ebenfalls als vorbestimmte Symmetrie angesehen werden kann.

Mit den vorbeschriebenen Verfahrensschritten kann erreicht werden, daß eine gute Schweißung dünner Werkstücke vorliegt. Eine solche gute Schweißung blechförmiger Werkstücke oder dünner Bleche liegt dann vor, wenn die Fügekanten und die entstehende Schweißnaht einen vorbestimmten Wert für den seitlichen Versatz aufweisen, wenn der Fügespalt von dem aufgeschmolzenen Material vollständig aufgefüllt und damit verbindend überbrückt werden kann, wenn mindestens eine Durchschweißung vorliegt oder besser, wenn die Oberraupe und die Unterraupe der entstehenden Schweißnaht vorbestimmte Werte für Ihre Breiten aufweisen, und wenn die Formhaltigkeit während der gesamten Schweißung eingehalten werden kann. Diese Merkmale für eine gute Schweißung sind in Qualität und in Quantität auf die relative Lage und die Form der drei vorbeschriebenen Bereiche in der Intensität abzubilden. Die Merkmale liegen in vollem Umfang vor, wenn die Form aller drei Bereiche eine vorbestimmte Form aufweist, wenn eine abgerundete Form des dunklen dritten Bereichs vorliegt, nämlich des Minimumbereichs, wenn der dunkle Bereich sichtbar ist, wenn der helle erste Bereich (Oberraupe) und der dunkle dritte Bereich (Unterraupe) einen vorbestimmten Wert für Ihre Breiten einhalten, und wenn zeitlich und räumlich Abweichungen klein bleiben. Im Hinblick auf die Sichtbarkeit des dunklen Bereichs ist zu bemerken, daß eine Durchschweißung leider auch schon dann vorliegen kann, wenn der dunkle dritte Bereich noch nicht sichtbar ist. Hier ist die Sichtbarkeit des dritten dunklen Bereichs nur notwendige Voraussetzung für eine Durchschweißung. Allerdings ist die Durchschweißung sicher detektiert, wenn der dunkle dritte Bereich sichtbar ist.

Die Erfindung wird anhand der Darstellungen der Zeichnungen erläutert. Es zeigt:

- Fig.1 eine schematische Darstellung einer von einem  
Bildgeber erzeugten Helligkeitsverteilung im Bereich einer Dampfkapillaren für den Fall einer Blindschweißung,  
Fig.2 eine der Fig.1 entsprechende Darstellung für den Fall einer Schweißung ungleich dicker Werkstücke mit zwischen ihnen befindlichem Spalt,  
Fig.3a bis Fig.3c schematisierte Darstellungen von Helligkeitsverteilungen im Bereich einer Dampfkapillaren bei unterschiedlichen Verfahrenszuständen,  
Fig.3a' bis 3c' den Fig.3a bis 3c zuzuordnende Intensitätsverteilungen über den Querschnitt der in den Fig.3a bis 3c eingezeichneten Koordinatenlinien,  
Fig.4a, 4b schematisierte Darstellungen zur Erkennung von Spalten zwischen Werkstücken,  
Fig.5a, 5b schematisierte Darstellungen zur Erkennung von guter und schlechter Durchschweißung, und  
Fig.6 schematisierte Darstellungen zur Erkennung von Spritzerbildung.

Sämtliche Figuren zeigen schematisierte Darstellungen eines Bildgebers. Als Bildgeber ist eine CCD-Kamera geeignet, die einen vorbestimmten Meßbereich erfaßt, der die Dampfkapillare einschließt. Für den erfaßten Meßbereich sind in den Fig.1 und 2 die einzelnen Pixel 18 erkennbar. Je dichter gepunktet ein Pixel dargestellt ist, desto größer ist die Intensität der Plasmastrahlung, die von der dem Pixel 18 zuzuordnenden Sensorzelle der CCD-Kamera erfaßt wurde. In den Fig.3 bis 6 wurde auf eine pixelweise Darstellung verzichtet.

Sämtliche Figuren beziehen sich auf eine Prozeßüberwachung beim Schweißen von tailored blanks. Tailored blanks werden aus dünnen Blechen hergestellt, die im Bereich der Schweißnaht entweder gleichdick oder unterschiedlich dick sind. Fig. 1 zeigt eine Darstellung für eine Blindschweißung in Vorschubrichtung 14. In diesem Fall befindet sich zwischen den Fügekanten der nicht dargestellten zu verschweißenden

Werkstücke kein Fügespalt. Fig.1 zeigt, daß dann die von beiden Werkstücken gebildete Fügelinie mit einer Geraden 13 gleichliegt, die symmetrisch durch zwei Intensitätsmaximumbereiche 10,12 gelegt ist. Die Bereiche 10,12 liegen beidseitig der Laserstrahlachse, die sich etwa an der Stelle 20 befindet. Dementsprechend ist der erste Bereich 10 vorlaufend, während der zweite Bereich 12 nachlaufend zur Laserstrahlachse 20 angeordnet ist. Der erste helle Bereich 10 und der zweite helle Bereich 12 geben die vorlaufende und nachlaufende Position und Ausdehnung des Randes der Dampfkapillaren an und nicht die Orte mit der größten Eindringtiefe. Dort, wo die größte Eindringtiefe auftritt, also etwa im Bereich der Laserstrahlachse 20, kann ein dritter Bereich sichtbar werden, nämlich ein dunkler dritter Bereich 11 mit besonders kleinen Werten für die Intensität.

Für die Auswertung ist noch von Bedeutung, daß der hellste Bereich 10 vor der Laserstrahlachse 20 eine Substruktur aufweist, die aus zwei räumlich begrenzten Submaxima 15,16 rechts vor und links vor der Laserstrahlachse 20 beziehungsweise symmetrisch zur Geraden 13 besteht. Nur wenn sich kein Fügespalt zwischen den Fügekanten befindet und gleichartige Materialien bearbeitet werden (Blindschweißen), liegt diese Symmetrie bezüglich der Vorschubrichtung 14 auch in der Intensität des ersten Bereichs 10 vor. In Abhängigkeit von der Breite eines Fügespalts, von der Vorschubgeschwindigkeit, von den unterschiedlichen zu fügenden Materialdicken und von den Materialeigenschaften muß ein vorbestimmter Wert für die Asymmetrie des ersten Bereichs 10 eingestellt werden, um eine gute Schweißung zu erzielen.

In Fig.2 ist oben die Anordnung zweier Werkstücke skizziert, die unterschiedlich dick sind, nämlich einerseits 1,2 mm und andererseits 0,8 mm. Beide Werkstücke besitzen einen horizontalen Abstand voneinander, so daß ein entsprechender Fügespalt 21 gebildet ist. Der Fügespalt, der sich üblicherweise in dem Bereich von 0 bis 0,3 mm bewegt, ist in dem dargestellten Fall etwa 120  $\mu\text{m}$ , wie an einer Pixelbreite von 60  $\mu\text{m}$  zu erkennen ist, die mit 28 bezeichnet wurde. Es sind wiederum zwei Intensitätsmaximumbereiche 10,12 vorhanden und

zwischen beiden befindet sich ein Minimumbereich 11. Alle Bereiche 10,11,12 liegen etwa auf einer Geraden 13, die im Bezug auf eine Fügebahn, beziehungsweise auf den Verlauf des Spalts 21, beziehungsweise die Vorschubrichtung 14 winkelig angeordnet ist. Die Winkelstellung der Geraden 13 ist vor allem abhängig von der Weite des Spalts 21 und der Bemessung der Werkstücke und deren Werkstoff. Die Winkelstellung der Geraden 13 im Bezug auf die Vorschubrichtung 14 kann dementsprechend benutzt werden, um die Materialbearbeitung zu steuern.

Eine Besonderheit in Fig.2 ist, daß der dritte dunkle Bereich, also der Minimumbereich 11, Übergangsbereiche mit scharfen Bereichsgrenzen 10',12' aufweist. Diese deuten darauf hin, daß eine anormale Bearbeitung stattfindet. An diesen Stellen liegt eine vom Laserstrahl noch nicht ausreichend angeschmolzene Fügekante vor.

Zusammenfassend ergibt sich folgendes: Wesentlich ist eine Auswertung momentaner Plasmaintensitäten auf drei zu unterscheidende räumliche Bereiche 10,11,12. Diese Bereiche treten entweder deutlich voneinander getrennt auf, oder einer der Bereiche fehlt völlig. Aus der Form und der relativen Lage dieser räumlichen Bereiche mit vorbestimmten Werten für die Intensität lassen sich fast alle der genannten Bearbeitungsmerkmale während der Bearbeitung bestimmen. Die Beobachtungsebene ist definiert durch Orte, an denen lichtempfindliche Pixel, zum Beispiel einer CCD-Kamera angeordnet sind. In der Beobachtungsebene liegen räumlich verteilte Intensitätswerte vor: zwei Maxima und ein relatives Minimum. Diese Extremwerte liegen näherungsweise auf einer Geraden 13, die gegenüber der Vorschubrichtung 14 geneigt sein kann. Jedem Extremwert wird ein räumlich ausgedehnter Bereich zugeordnet, der diesen Extremwert enthält. Das absolute Maximum liegt immer in dem ersten Bereich 10, der immer in Vorschubrichtung vor der Laserstrahlachse 20 angeordnet ist. Das zweite Maximum liegt im zweiten Bereich 12, der immer hinter der Laserstrahlachse 20 folgt. Wenn das relative Minimum auftritt, dann liegt es immer in dem dunkleren dritten Bereich 11 zwischen den beiden anderen.

Die folgenden Figuren zeigen Darstellungen ähnlich denen der Fig.1,2 zur Erläuterung von Verfahrensweisen beim Schweißen, die fehlerhaft oder zumindest steuerungsbedürftig sind.

5 Für sämtliche Beispiele gilt die in Fig.2 dargestellte Anordnung zweier Werkstücke von 1,2 beziehungsweise 0,8 mm mit einem dazwischen angeordneten Spalt 21. Die vertikale Koordinate y entspricht der Vorschubrichtung 14 und die horizontale Koordinate x ist quer zur Vorschubrichtung 14 orientiert. Innerhalb eines Meßbereichs 23 ist ein Minimumbereich 11

10 erkennbar und es sind Maxima 24,25 vorhanden, die den in Fig.1,2 beschriebenen Intensitätsmaximumbereichen 10,12 zugeordnet sind. Fig. 3a' zeigt die Intensität in Abhängigkeit von der Querkoordinate x in Zuordnung zum Minimum 26, das sich etwa an der Koordinate y = 22 befindet. Die symmetrische Anordnung der Maximumbereiche 10,12 beziehungsweise der Maxima 24,25 im Bezug aufeinander und auf den Minimumbereich 11

15 läßt erkennen, daß keine Bahnabweichung der Laserstrahlachse von der Nahtmitte vorhanden ist.

20

Gemäß Fig.3b ist der erste helle Bereich 10 bei 27 im Bereich der Fügekante 23 unterbrochen. Demgemäß ist das Maximum von nur geringer Ausprägung. Andererseits ist aber der zweite Intensitätsmaximumbereich 12 ordnungsgemäß ausgeprägt

25 und liegt noch auf voller Breite der Schweißnaht vor. Die vorhandenen Abweichungen von den vorbestimmten Werten deuten auf Schweißfehler in Form von Einbrandkerben oder in Form von Nahteinfall hin. Die Fig.3b zeigt eine typische Darstellung einer Bahnabweichung in das dicke Blech. Fig.3c stellt eine

30 den Fig.3a,3b entsprechende Darstellung einer Bahnabweichung in das dünne Blech dar. Das Maximum 24 des vorlaufenden Maximumbereichs 10 ist voll ausgeprägt, während der hinter der Laserstrahlachse liegende Bereich 12 unterbrochen ist. Entsprechendes manifestiert sich auch in Fig.3c', wo das Maximum

35 24 voll ausgeprägt ist, der Bereich 12 hingegen reduzierte Helligkeit hat.

Wenn die Spaltbreite des Spalts 21 kleiner ist, als der Fokusradius, so läßt sich bei entsprechend präziser Bahnführung des Laserstrahls erreichen, daß stets beide Fügekanten

40

angeschmolzen werden. Es sind dann grundsätzlich beide Intensitätsmaximumbereiche 10,12 vorhanden, wie Fig.4a zeigt. Diese läßt allerdings erkennen, daß fehlerhaftes Schweißen stattfindet, weil beide Bereiche 10,12 teilweise abgedunkelt sind. Fig.4b zeigt eine Darstellung mit lediglich einem einzigen zusammenhängenden Intensitätsmaximumbereich. Derartiges ist zu sehen, wenn die Breite des Spalts 21 größer ist, als der Fokusradius. In diesem Fall bleibt eine Kante eines Werkstücks völlig unangeschmolzen und eine belastbare Schweißverbindung kommt nicht zu stande.

Die Fig.5a,5b zeigen Beispiele für Durchschweißungen unterschiedlicher Qualität. Fig.5a zeigt eine gute Durchschweißung mit breiter Nahtwurzel. Der Minimumbereich 11 ist deutlich ausgeprägt. Die Durchschweißung ist sicher zu detektieren. In Fig.5b ist zwar ebenfalls eine Durchschweißung vorhanden, der dritte Bereich ist jedoch nicht ausgeprägt beziehungsweise meßtechnisch nicht erfaßbar, obwohl eine Durchschweißung vorhanden ist. Diese ist jedoch von schlechter Qualität, weil eine nur schmale Nahtwurzel ausgebildet wurde.

Fig.6 zeigt in einer einzigen Darstellung neun meßtechnisch erfaßte Bereiche 23 derselben Dampfkapillaren. Die fotografischen Aufnahmen wurden in Abständen von einer Millisekunde gemacht. Alle Bereiche 23 zeigen jeweils die deutliche Darstellung eines Minimumbereichs 11. Die fotografischen Aufnahmen 3 bis 6 zeigen darüberhinaus intensiv strahlende Lichtflecke 22, welche Spritzer darstellen, die sich infolge des Schweißverfahrens entwickelt haben.

30

Zusammenfassend ergibt sich: Typische Schweißfehler können in Qualität und Quantität Abweichungen der detektierten Bereiche von der oben beschriebenen idealen Form zugeschrieben werden.

35

Ein Fügespalt und Unregelmäßigkeiten in der Kantenvorbereitung können sehr deutlich erkannt werden. Dazu ist die geometrische Form des dunklen dritten Bereichs, des Minimumbereichs 11, zu beobachten. Weicht dessen Form von einer kreisähnlichen Form ab und sind scharfe Begrenzungen zu den

40

helleren ersten und zweiten Bereichen 10,12 zu erkennen, dann liegt an diesen Orten eine vom Laserstrahl noch nicht angeschmolzene Fügekante innerhalb des Beobachtungsbereichs vor. Bei nicht zu großen Werten für den Fügespalt ist zwar schon  
 5 der erste helle Bereich 10 deutlich im Bereich der Fügekante unterbrochen, aber der helle zweite Bereich 12 hinter der Laserstrahlachse 20 kann noch auf voller Breite der Schweißnaht vorliegen. Dann kann der Prozeß den Fügespalt noch überbrücken. Allerdings bewirken Abweichungen von den günstigen vor-  
 10 bestimmten Werten Schweißfehler in Form von Einbrandkerben oder sogar als Nahteneinfall wegen zuwenig aufgeschmolzenen Materials. Bei zu großen Werten des Fügespalts ist auch der helle zweite Bereich 12 von dem dunklen dritten Bereich 11 entlang der Fügekante unterbrochen. Dann kann der Fügespalt  
 15 von dem Prozeß nicht mehr überbrückt werden und die Fügefehler sind vollständig ausgebildet. Auch ein zeitliches Wechseln der beiden Zustände kann vorliegen, wenn die Breite des Fügespalts einen mittleren, aber schon kritischen Wert erreicht hat. In diesem Fall liegen sporadisch auftretende Ver-  
 20 bindungsfehler vor, die mindestens zur Ausbildung von Einbrandkerben führen.

*Einbrandkerben:* Mit zunehmender Spaltbreite und einem gleichzeitigen Versatz zwischen der Fügekante und einer ent-  
 25 stehenden Schweißnaht wird der hellste erste Bereich 10 asymmetrisch, bis sogar eines der räumlich getrennten Maxima 15, 16 in der Substruktur des ersten Bereichs 10 völlig fehlt. In derselben graduellen Abstufung bilden sich in der erzeugten Schweißnaht Einbrandkerben aus.

30

*Fehlerzuordnung:* Einbrandkerben entstehen nicht nur durch eine einzige Ursache. Neben anderen Ursachen können ein Spalt 21 und ein Versatz zur Ausbildung von Einbrandkerben führen. Mit den beschriebenen Verfahren können nicht nur die  
 35 Fehler selbst erkannt werden, sondern oft auch Ihre Ursachen.

*Unregelmäßige Nahtraupen:* Bei ungünstiger Verfahrensführung kann der Prozeß zwischen zwei Zuständen zeitlich wechseln. Dieses Wechseln muß noch keinen Schweißfehler zur Folge  
 40 haben, führt aber immer zur Ausbildung unerwünschter Unregel-

mäßigkeiten in den Nahtober- und Nahtuntertrauben, oft auch schon zur Spritzerbildung.

*Spritzerbildung:* Werden die Abweichungen der aktuellen  
 5 Verfahrensparameter von den günstigen Werten größer, dann  
 sind zusätzlich zu den drei genannten Extremwertbereichen  
 sporadisch auftretende intensiv strahlende kleine Flecke oder  
 "hot spots" zu beobachten. Diese zusätzlich hell aufblitzen-  
 den Bereiche gehen mit einer Spritzerbildung während der  
 10 Schweißung einher. Im Vergleich zu bekannten Überwachungsver-  
 fahren kann mit den hier vorgestellten Verfahren nicht nur  
 das Auftreten von Spritzern detektiert werden sondern auch  
 ihre Größe beziehungsweise ihr Volumen. Das Volumendefizit  
 für die Schweißnaht ist hier von besonderer Bedeutung.

15

*Auswertung:* Da die Zuordnung von einfachen geometrischen  
 Formen und relativen Helligkeitswerten des detektierten Bil-  
 des den Schweißfehlern verlässlich zugeordnet werden können,  
 kann zu ihrer Auswertung eine automatisierte Bildverarbeitung  
 20 eingesetzt werden. In Frage kommen neuronale Netze, Fuzzy Lo-  
 gic etc.

Mit den vorbeschriebenen Verfahren lassen sich technisch  
 relevante Bearbeitungsmerkmale beim Schweißen zuverlässig  
 25 überwachen. Diese Merkmale sind:

- die Eindringtiefe der Dampfkapillaren, um die minimale/  
 maximale Einschweißtiefe einhalten zu können,
- 30 - die Fläche der Dampfkapillaren an der Oberseite des Werk-  
 stücks, um eine ausreichende Überdeckung des Fügespalts  
 durch die Schweißnaht zu gewährleisten,
- die Breite der Dampfkapillaren in einer vorbestimmten Tie-  
 35 fe, um den notwendigen tragenden Querschnitt einer Schweiß-  
 verbindung nicht zu unterschreiten,
- die Fläche der Dampfkapillaren an der Unterseite der zu  
 verschweißenden Werkstücke, um die sichere Durchschweißung  
 40 aufrecht erhalten zu können und um sogar einen vorbestimm-



ten Wert für die Wurzelbreite der Schweißnaht zu erreichen,

- die laterale Spaltbreite zwischen zwei horizontal nebeneinander angeordneten Werkstücken entlang der Schweißrichtung muß verfolgt werden, um eine sichere Spaltüberbrückung beim Schweißen eines Stumpfstoßes zu überwachen,
- die Form der Fügekante am Ort der Dampfkapillaren, um den Einfluß von Unregelmäßigkeiten in der Kantenvorbereitung auf das Schweißergebnis zuordnen zu können. Dies ist eine zusätzliche Frage der Schweißfehlerzuordnung, um die Ursache für die Schweißfehler zu erkennen und
- die zeitliche Stabilität der Dampfkapillaren, um die Tropfen- beziehungsweise Spritzerbildung und deren Ursachen zu erkennen.

Darüberhinaus sind die vorbeschriebenen Verfahren insbesondere beim Verschweißen von dünnen, ungleichen Werkstücken geeignet, den sogenannten tailored blanks. Es ergeben sich zahlreiche Einsatzvarianten, nämlich überall dort, wo die Schweißtiefe in der Größenordnung der Nahtbreite liegt und die Durchschweißung oder die Nahtbreite sicher erkannt werden müssen. Insbesondere beim Laserstrahlschweißen von Karosseriebauteilen in der Automobil- und der Zulieferindustrie zum Beispiel bei der Herstellung von tailored blanks mit beliebigen Konturen sind die vorbeschriebenen Verfahren zu verwenden. Diese können darüber hinaus im Apparatebau für die Elektroindustrie oder für die chemische Industrie und bei der Rohrfertigung verwendet werden.

Bei einer Integration der Meßeinrichtung in den Strahlengang der Bearbeitungsanlage ist ein unproblematischer Einsatz der Verfahren überall dort möglich, wo eine Laserbearbeitung durchführbar ist. Das Verfahren ist nicht durch die Wahl der Nahtart beschränkt und kann beispielsweise auch zur Überwachung von Dichtschweißungen an Überlappnähten verwendet werden.

Patentansprüche:

- 5 1. Verfahren zur Materialbearbeitung mit Plasma induzierender Hochenergiestrahlung, insbesondere Laserstrahlung, bei dem die momentane Intensität der Plasmastrahlung an mehreren Stellen einer Dampfkapillaren gemessen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß Formen zweier voneinander
- 10 distanzierter Intensitätsmaximumbereiche (10,12) der Plasmastrahlung, oder einer anderen aus der Dampfkapillaren emittierten elektromagnetischen Strahlung, und eines zwischen diesen beiden Extremwertbereichen ausbildbaren Minimumbereichs (11) meßtechnisch erfaßt werden, daß meßtechnisch erfaßte Formen der Extremwertbereiche mit vorbestimmten Bereichsformen verglichen werden, und daß eine Steuerung der Materialbearbeitung in Abhängigkeit von Abweichungen der erfaßten Formen von den vorbestimmten Bereichsformen erfolgt.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung bei einer Abweichung der Form des Minimumbereichs (11) von einer vorbestimmten kreisähnlichen Bereichsform erfolgt.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung erfolgt, wenn in den Übergangsbereichen (10',12') der Form des Minimumbereichs (11) zu den Formen der Maximumbereiche (10,12) scharfe Bereichsgrenzen vorhanden sind.
- 25 4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung bei einer Abweichung einer Form eines Bereichs der drei Extremwertbereiche von einer vorbestimmten Bereichsform erfolgt.
- 30 5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung erfolgt, wenn Abweichungen der Formen
- 35 40

eines in Vorschubrichtung (14) eines relativ zur Laserstrahlung bewegten Werkstücks vorlaufenden Intensitätsmaximumbereichs (10) und des nachlaufenden Maximumbereichs (12) von vorbestimmten Bereichsformen vorliegen.

5

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung erfolgt, wenn die Formabweichung eine vorbestimmte Differenzgröße und/oder eine vorbestimmte Dauer überschreitet.

10

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung in Abhängigkeit von Winkelstellungen erfolgt, die eine durch die Intensitätsmaximumbereiche (10,12) gelegte Gerade (13) in Bezug auf eine Vorschubrichtung (14) eines relativ zur Laserstrahlung bewegten bearbeiteten Werkstücks einnimmt.

15

8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung erfolgt, wenn in einem die Formen der Extremwertbereiche meßtechnisch erfassenden Meßbereich sporadisch auftretende, intensiv strahlende Lichtflecke (22) ermittelt werden.

20  
25

9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung unterschiedlich dicker Werkstücke erfolgt, wenn der Minimumbereich (11) den in Vorschubrichtung vorlaufenden und/oder den nachlaufenden Maximumbereich (10,12) verformt.

30

10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Steuerung der Materialbearbeitung erfolgt, wenn innerhalb eines in Vorschubrichtung vorlaufenden Maximumbereichs (10) zwei beidseitig einer Fugebahn vorhandene Submaxima (15,16) von einer vorbestimmten Symmetrie abweichen.

35

Zusammenfassung:

5

Verfahren zur Materialbearbeitung mit Plasma induzierender Hochenergiestrahlung, insbesondere Laserstrahlung, bei dem die momentane Intensität der Plasmastrahlung an mehreren  
10 Stellen einer Dampfkapillaren gemessen wird.

Um das Verfahren auch für geringe Werkstückdicken mit einwandfreien Schweißergebnissen durchführen zu können, wird so verfahren, daß Formen zweier voneinander distanzierter Intensitätsmaximumbereiche (10,12), oder einer anderen aus der  
15 Dampfkapillaren emittierten elektromagnetischen Strahlung, und eines zwischen diesen beiden Extremwertbereichen ausbildbaren Minimumbereichs (11) meßtechnisch erfaßt werden, daß meßtechnisch erfaßte Formen der Extremwertbereiche mit vorbestimmten Bereichsformen verglichen werden, und daß eine  
20 Steuerung der Materialbearbeitung in Abhängigkeit von Abweichungen der erfaßten Formen von den vorbestimmten Bereichsformen erfolgt.

25

(Fig.1)

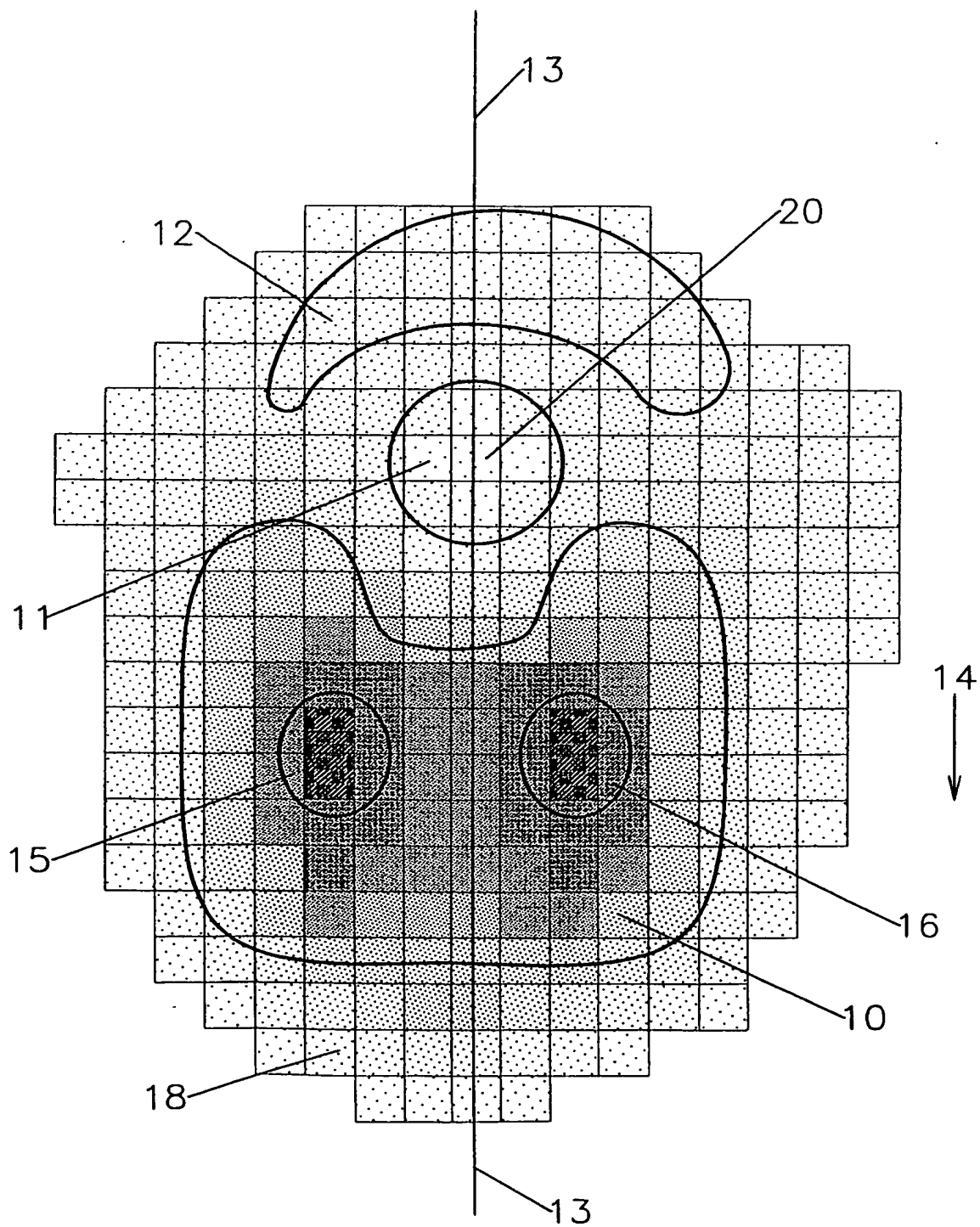


Fig. 1

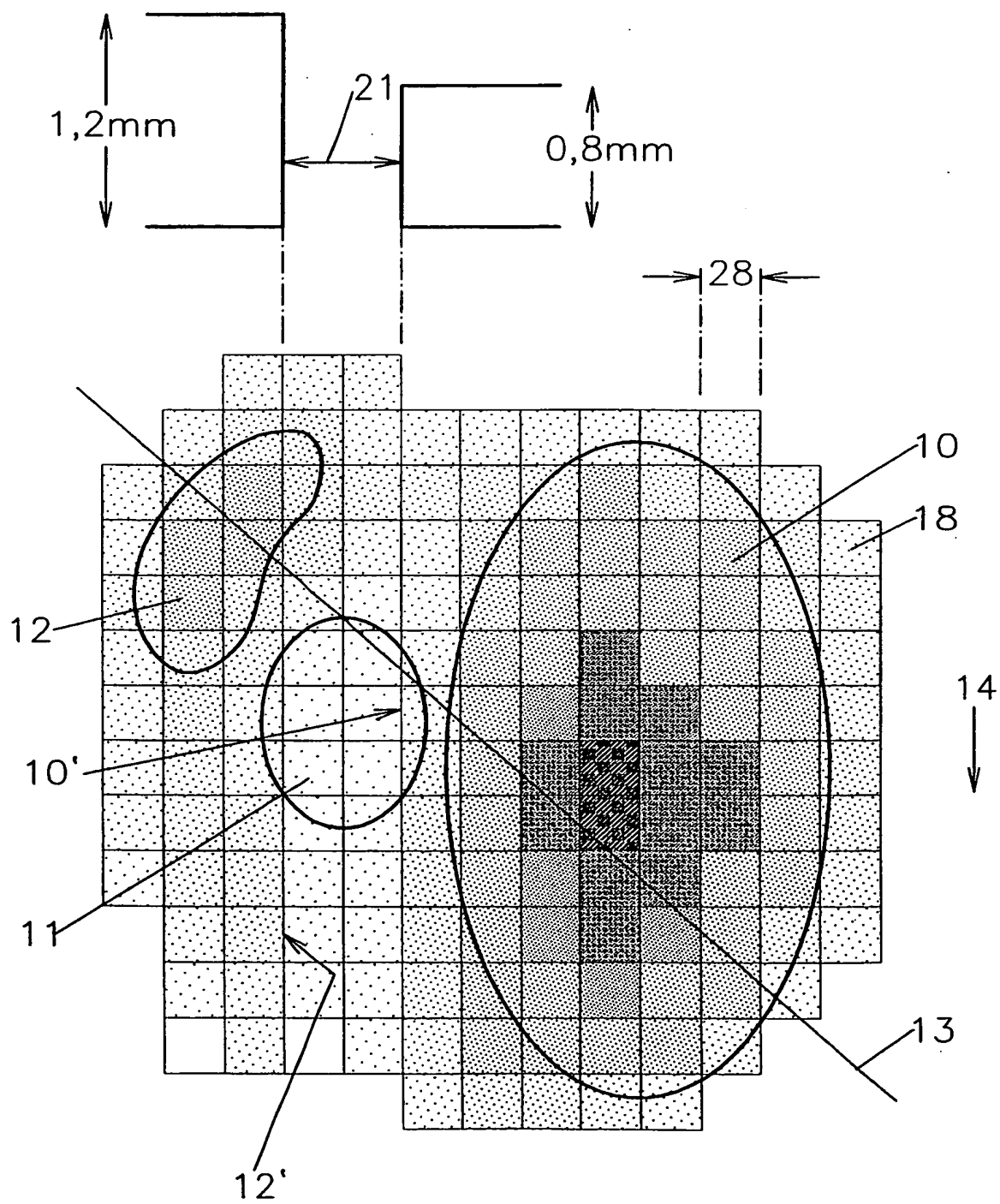


Fig.2

3/5

Fig.3c

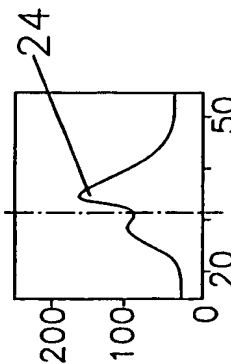
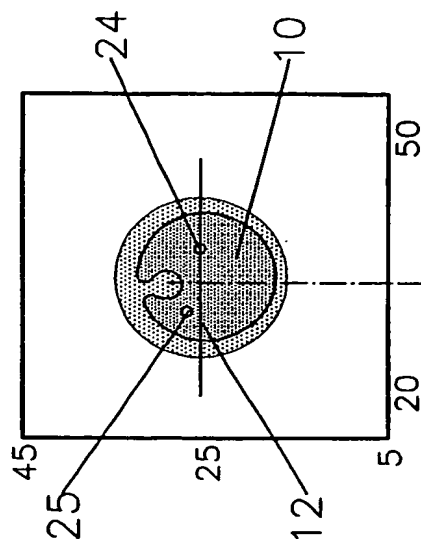


Fig.3c'

Fig.3a

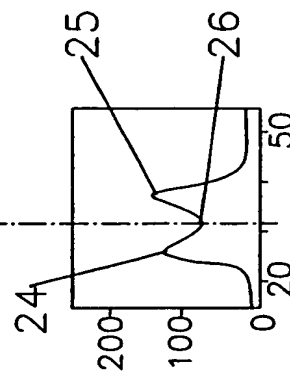
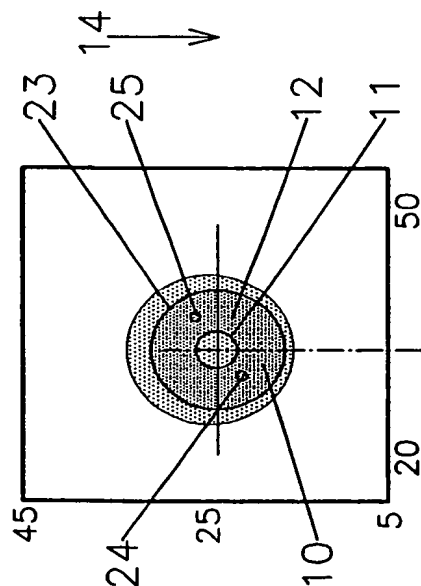


Fig.3a'

Fig.3b

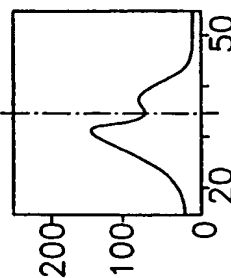
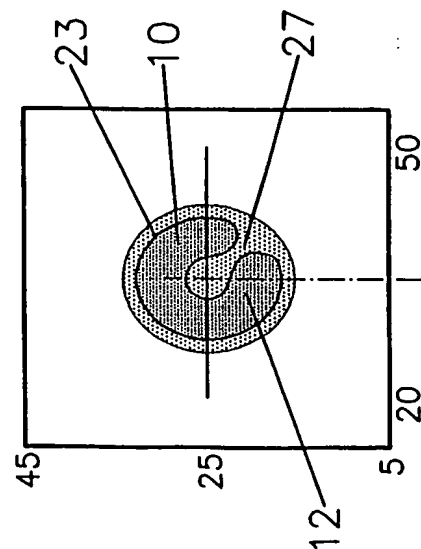


Fig.3b'

4/5

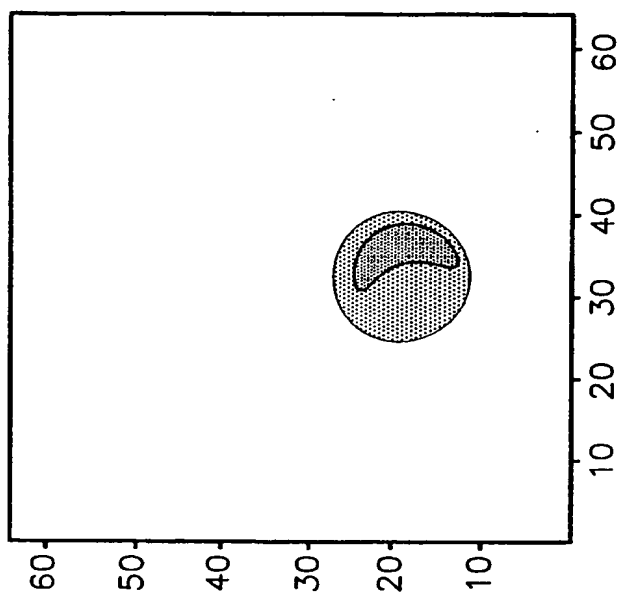


Fig. 4b

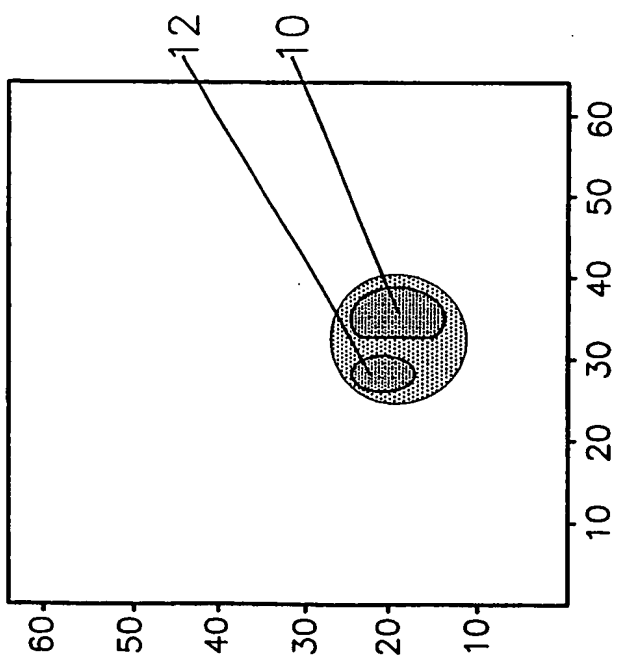


Fig. 4a



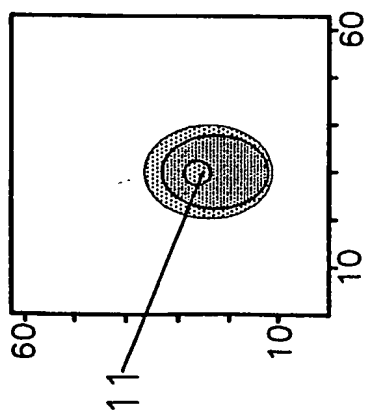


Fig. 5a

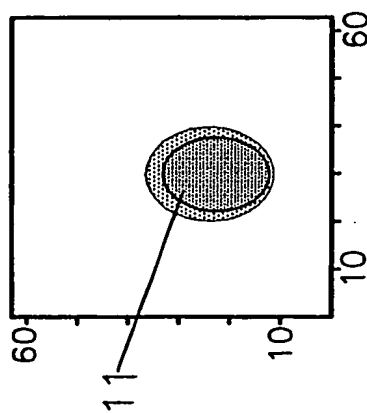


Fig. 5b

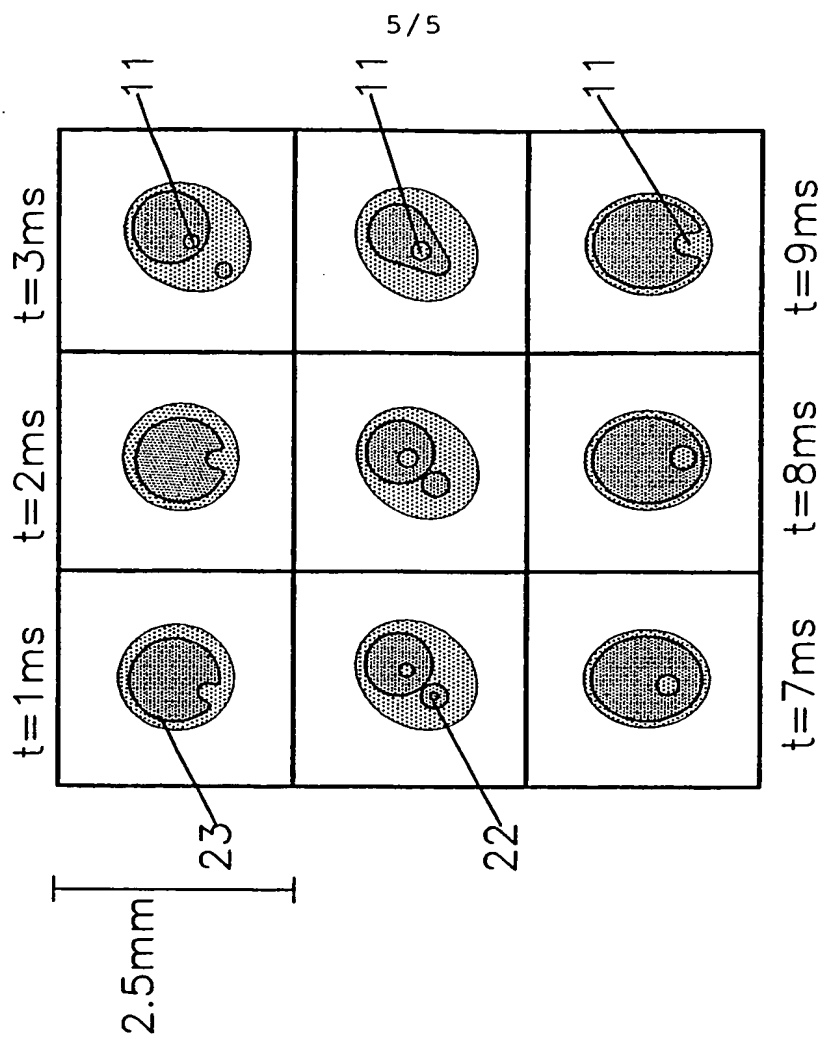


Fig. 6